

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-205443  
(P2001-205443A)

(43)公開日 平成13年7月31日(2001.7.31)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 2 3 K 9/23  
1/002  
1/19

識別記号

F I  
B 2 3 K 9/23  
1/002  
1/19

テマコード\*(参考)

H 4 E 0 0 1

J

L

// B 2 3 K 103:24

103:24

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2000-10912(P2000-10912)

(22)出願日 平成12年1月19日(2000.1.19)

(71)出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72)発明者 野 田 俊 治

岐阜県多治見市脇之島町4丁目26-11

(74)代理人 100102141

弁理士 的場 基憲

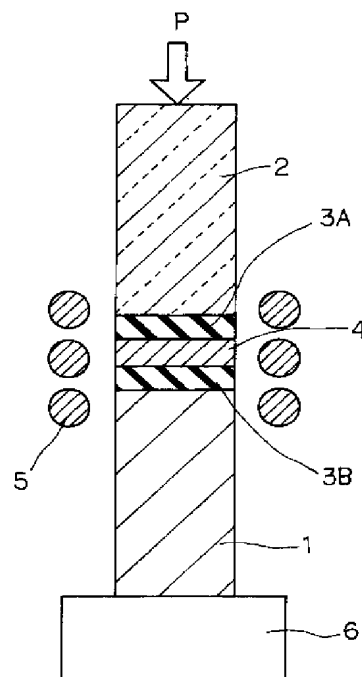
Fターム(参考) 4E001 CA01 CB04

(54)【発明の名称】 鋼材とチタン材との接合方法

(57)【要約】

【課題】 鋼材とチタン材との接合を1回のみのろう付け工程で行うことができ、また、接合部の強度を母材の強度よりも高いものとするのが可能である鋼材とチタン材との接合方法を提供する。

【解決手段】 Cを0.05重量%以上含有する鋼材1と、 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相あるいは $\alpha+\beta$ 相を主な構成相とするTiまたはTi合金やTiAl、Ti<sub>3</sub>Al、TiAl<sub>3</sub>等の金属間化合物を主な構成相とするTi合金などのチタン材2とを接合するに際し、鋼材1とチタン材2との間に第1ろう材3Aと第2ろう材3Bを挿入しかつ第1ろう材3Aと第2ろう材3Bとの間にバリアー材4を介在させた状態にして接合部を誘導加熱コイル5により加熱し、第1および第2ろう材3A、3Bを溶融してろう付け接合する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Cを0.05重量%以上含有する鋼材と、 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相あるいは $\alpha+\beta$ 相を主な構成相とするTiまたはTi合金やTiAl, Ti<sub>3</sub>Al, TiAl<sub>3</sub>等の金属間化合物を主な構成相とするTi合金などのチタン材とを接合するに際し、鋼材とチタン材との間に第1ろう材と第2ろう材を挿入しかつ第1ろう材と第2ろう材との間にバリアー材を介在させた状態にして接合部を加熱し、第1および第2ろう材を溶融してろう付け接合することを特徴とする鋼材とチタン材との接合方法。

【請求項2】 接合部の加熱に際して高周波加熱を用いることを特徴とする請求項1に記載の鋼材とチタン材との接合方法。

【請求項3】 バリアー材としてFe, Ni, Coのうちから選ばれる1種以上を主成分とする金属を用いてその厚さが0.01mm以上であるものとすることを特徴とする請求項1または2に記載の鋼材とチタン材との接合方法。

【請求項4】 接合雰囲気を真空あるいはArやHeなどの不活性ガス雰囲気として接合することを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の鋼材とチタン材との接合方法。

【請求項5】 接合に際して接合界面に0.05kgf/mm<sup>2</sup> (0.49MPa)以上の応力を付加することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の鋼材とチタン材との接合方法。

【請求項6】 接合に際しての接合温度を第1ろう材と第2ろう材のうちいずれか一方の高い方の融点以上であって融点+100℃以内とすることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の鋼材とチタン材との接合方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、炭素鋼や合金鋼や耐熱鋼などの鋼材と、 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相、 $\alpha+\beta$ 相を主な構成相とするTiまたはTi合金やTiAl, Ti<sub>3</sub>Al, TiAl<sub>3</sub>等の金属間化合物を主な構成相とするTi合金などのチタン材とを接合するのに好適な鋼材とチタン材との接合方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 $\alpha$ 相や $\beta$ 相や $\alpha+\beta$ 相を主な構成相とするTiまたはTi合金やTiAl, Ti<sub>3</sub>Al, TiAl<sub>3</sub>等の金属間化合物を主な構成相とするTi合金は、Fe基の合金やNi基の合金に比べて密度が低く、軽量な材料として注目されている。

【0003】とくに、TiAlやTi<sub>3</sub>Alを主な構成相とするTi-Al系合金は耐熱温度が高いことから、自動車のエンジンバルブやターボチャージャのタービンホイール(ホットホイール)への適用が検討されている。

【0004】ところが、このようなTi合金は、軽量で強度はある(比強度が高い)ものの、耐摩耗性が十分でないため、軸受と接触する回転部分、往復摺動部分、叩き摩耗部分などにおいてはその相手材(軸受)によって損傷を受けやすい。

【0005】したがって、そのような損傷を受けやすい部分には耐摩耗性に優れた合金鋼や耐熱鋼などを使用するのが適しているといえるが、この場合、鋼材とチタン材とを接合して用いる必要がある。

【0006】そこで、鋼材とチタン材とを接合させるに際しては、例えば、特開平2-133183号公報や特開平2-157403号公報に開示されているように、合金鋼材とチタン材(とくに、TiAl金属間化合物)とを接合する場合に中間材を用い、まず、チタン材と中間材とを接合したのち、中間材と合金鋼材とを接合することによって、合金鋼材とチタン材とを接合する考え方があった。

【0007】また、特開平10-118764号公報に開示されているように、合金鋼材とTiAl合金材とをろう材を介して直接ろう付け接合する考え方もあった。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述した中間層を用いる方法では、TiAl合金材と合金鋼材との接合を2回に分けて行わなくてはならないため効率が良くないという問題点があり、また、合金鋼材とTiAl合金材とをろう材を介し直接ろう付け接合する方法では、合金鋼中の炭素とTiAl合金中のチタンとが反応してろう付け部分に脆い炭化物が形成されることがあるため、強度試験における破壊はいずれも接合部となり、接合強度は母材強度よりも低くなってしまうという問題があった。

## 【0009】

【発明の目的】本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであって、鋼材とチタン材との接合を1回のみのろう付け工程で行うことが可能であると共に、接合部の強度を母材の強度よりも高いものとすることが可能である鋼材とチタン材との接合方法を提供することを目的としている。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係わる鋼材とチタン材との接合方法は、請求項1に記載しているように、Cを0.05重量%以上含有する鋼材と、 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相あるいは $\alpha+\beta$ 相を主な構成相とするTiまたはTi合金やTiAl, Ti<sub>3</sub>Al, TiAl<sub>3</sub>等の金属間化合物を主な構成相とするTi合金などのチタン材とを接合するに際し、鋼材とチタン材との間に第1ろう材と第2ろう材を挿入しかつ第1ろう材と第2ろう材との間にバリアー材を介在させた状態にして接合部を加熱し、第1および第2ろう材を溶融してろう付け接合するようにしたことを特徴としている。

【0011】そして、本発明に係わる鋼材とチタン材との接合方法においては、請求項2に記載しているように、接合部の加熱に際して高周波加熱を用いるようにすることができる。

【0012】また、本発明に係わる鋼材とチタン材との接合方法においては、請求項3に記載しているように、バリアー材としてFe、Ni、Coのうちから選ばれる1種以上を主成分とする金属を用いてその厚さが0.01mm以上であるものとすることができる。

【0013】さらにまた、本発明に係わる鋼材とチタン材との接合方法においては、請求項4に記載しているように、接合雰囲気を真空あるいはArやHeなどの不活性ガス雰囲気として接合するようになることができる。

【0014】さらにまた、本発明に係わる鋼材とチタン材との接合方法においては、請求項5に記載しているように、接合に際して接合界面に0.05kgf/mm<sup>2</sup> (0.49MPa)以上の応力を付加するようになることができる。

【0015】さらにまた、本発明に係わる鋼材とチタン材との接合方法においては、請求項6に記載しているように、接合に際しての接合温度を第1ろう材と第2ろう材のうちいずれか一方の高い方の融点以上であって融点+100℃以内とするようになることができる。

【0016】

【発明の作用】本発明による鋼材とチタン材との接合方法は、上述した構成を有するものであって、図1に示すように、Cを0.05重量%以上含有する鋼材1と、 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相あるいは $\alpha+\beta$ 相を主な構成相とするTiまたはTi合金やTiAl、Ti<sub>3</sub>Al、TiAl<sub>3</sub>等の金属間化合物を主な構成相とするTi合金などのチタン材2とを接合するに際し、鋼材1とチタン材2との間に第1ろう材3Aと第2ろう材3Bを挿入しかつ第1ろう材3Aと第2ろう材3Bとの間に拡散阻止用バリアー材4を介在させた状態にして接合部を高周波加熱用誘導加熱コイル5によって加熱し、第1および第2ろう材3A、3Bを溶融してろう付け接合するよことにより、鋼材1とチタン材2とを接合するようにしている。

【0017】このようなろう付け接合を行うに際しては、鋼材1とチタン材2とは拡散防止用バリアー材4を介して隔離されているため、鋼材1中の炭素(C)とチタン材2中のチタン(Ti)とが接触して脆いチタン炭化物(TiC)が形成されることがなくなることから、1回の接合のみで接合強度の高い接合継手が形成されることとなる。

【0018】このとき、拡散防止用バリアー材4としては、Fe、Ni、Coなどのろう材3A、3Bの融点よりも高い融点をもつ金属を用いることが望ましく、ろう材3A、3Bとの濡れ性が良い金属(Fe-Ni合金、Fe-Co合金などの合金を含む。)を用いることがとくに望ましい。

【0019】そして、拡散防止用金属バリアー材4としての機能が十分であるものとするためには、その厚さが0.01mm以上であるものとすることがより望ましい。

【0020】また、第1ろう材3Aと第2ろう材3Bとは同一のろう材であってもよく、あるいは異なるろう材であってもよく、それぞれ鋼材1とチタン材2に対して良い濡れ性を有するものを用いることが望ましい。

【0021】このようなろう材としては、次に例示するものを用いることができる。

【0022】(1)Niろう

JIS B Ni-1; Ni-14Cr-3.2B-4.5Si-4.5Fe

JIS B Ni-2; Ni-7Cr-3.2B-4.5Si-3Fe

JIS B Ni-3; Ni-4.5Si-3.2B

(2)Agろう

JIS B Ag-8; Ag-28Cu

CUSIL-ABA (商品名); Ag-35.3Cu-1.8Ti

(3)Tiろう

TICUNI (商品名); Ti-15Cu-15Ni

本発明において、鋼材1としては、炭素鋼、合金鋼、耐熱鋼などよりなるものを用いることができ、その場合に、炭素含有量が0.05重量%以上含むものである場合に好適に採用される。

【0023】すなわち、C含有量が0.05重量%未満であると、構造物の軸材としての強度が十分でないものとなりやすく、また、金属バリアー材4を介在させなくとも鋼材1とチタン材2とが直接接触した場合に脆いチタン炭化物(TiC)が形成されがたいためである。

【0024】また、接合に際しては、接合界面に0.05kgf/mm<sup>2</sup> (0.49MPa)以上の応力を付加することがより望ましく、図1に示すように支持台6上に設置した状態において荷重Pを付加するようになることがより望ましい。

【0025】接合雰囲気としては、真空、あるいはArやHeなどの不活性雰囲気とすることがより望ましい。

【0026】さらにまた、接合温度としては、第1ろう材3Aと第2ろう材3Bのうちいずれか一方の高い方の融点以上であって融点+100℃以内であるようにすることがより望ましい。そして、融点+100℃を超えらるろう材3A、3Bと金属バリアー材4との反応が著しくなり、接合界面が脆くなって接合強度が低下する傾向となるのであまり好ましくない。

【0027】

【実施例】以下、本発明の実施例について詳細に説明するが、本発明はこのような実施例のみに限定されないことはいうまでもない。

50 【0028】(実施例1)  $\alpha+\beta$ 相を主な構成相とする

Ti-6Al-4V組成のチタン合金よりなるエンジン吸気バルブの軸端部における耐摩耗性を改善するため、軸径が6mmである吸気バルブの軸端に、直径が6.5mm、高さが5mmである耐熱鋼(SUH11)製のチップを接合することとした。

【0029】まず、Ti-6Al-4Vよりなるエンジン吸気バルブは、直径が6.5mmであるTi合金棒材を電気アップセットすることによってプリフォームに作製し、熱間鍛造により傘鍛造を行うことによって、バルブ外径が30mmであるエンジンバルブに成形した。その後、機械加工によって軸径が6mmであるエンジンバルブに機械加工した。

【0030】一方、耐熱鋼(SUH11)製のチップは、圧延丸棒材を機械加工により直径が6.5mm、長さ(高さ)が5mmのチップ形状に加工して用いた。

【0031】他方、エンジン吸気バルブの軸端部(チタン材)と接合する第1ろう材には、Tiベースのろう材(Ti-15Ni-15Cu)よりなる厚さ0.06mmの箔を用いた。

【0032】さらに、チップ(鋼材)と接合する第2ろう材には、Niベースのろう材(JIS BNi-3)よりなる厚さ0.05mmの箔を用いた。

【0033】さらにまた、拡散防止用金属バリアー材には、Fe-42Niの冷間圧延材(厚さ0.1mmの箔)を用いた。

【0034】このようにして、チタン材と鋼材との間に第1ろう材と第2ろう材を挿入しかつ第1ろう材と第2ろう材との間に金属バリアー材を介在させた状態としたのち、

- ・接合温度:1030℃
  - ・接合時間:30sec
  - ・接合圧力:0.3kgf/mm<sup>2</sup>(2.94MPa)
  - ・接合雰囲気:Arガス流動雰囲気
- の条件としてろう付け接合を行った。

【0035】また、比較のために、前記と同様のTi-6Al-4Vよりなるチタン材(吸気バルブ)とSUH11よりなる鋼材(チップ)との接合に際して、金属バリアー材を用いることなく、Niろう材(JIS BNi-3)のみを挿入して上記と同様の接合条件により直接接合を行った。

【0036】接合後、接合強度を調べるため、各々5本について接合部のせん断試験を行った。

【0037】その結果、上記比較例による継手の場合のせん断荷重は1720kg(16,856N)であったのに対して、実施例1による継手の場合のせん断荷重は3350kg(32,830N)であり、およそ2倍もの高強度を示した。

【0038】(実施例2)TiAl金属間化合物を主な構成相とするTiAl製ターボチャージャーのタービンホイールと、機械構造用合金鋼(SCM435)よりな

るタービン軸とを接合することとした。

【0039】このとき、タービンホイールには、精密鑄造で製造したTi-Al系合金(Ti-33.5Al-4.8Nb-1.0Cr-0.2Si)よりなる外径が43mmのホイールを用いた。

【0040】また、タービン軸(SCM435)には直径が16mmである磨き棒鋼を用いた。

【0041】接合部の加工に際しては、TiAlよりなるタービンホイール側の接合面を直径が9mm、高さが2mmである凸形状軸部に加工し、一方、SCM435よりなるタービン軸の接合部には直径が9mm、深さが5mmである凹形状軸受部に加工した。

【0042】他方、箔状ろう材および板状バリアー材をそれぞれ内径が9mm、外径が17mmのリング形状に加工し、相対する平面部分に第1および第2ろう材を挿入しかつ第1および第2ろう材の間に金属バリアー材を介在させた状態としたあとホイール側の凸部と軸側の凹部とを嵌め合わせた。

【0043】このとき、チタン材と接合する第1ろう材および鋼材と接合する第2ろう材としていずれもNiベースのろう材(JIS BNi-3)よりなる厚さ0.05mmの箔を用い、バリアー材としてはNiベースの合金(インコネル600)の冷間圧延材よりなる厚さ0.5mmの板を用いた。

【0044】このようにして、チタン材と鋼材との間に第1ろう材と第2ろう材を挿入しかつ第1ろう材と第2ろう材との間に金属バリアー材を介在させた状態としたのち、

- ・接合温度:1030℃
- ・接合時間:30sec
- ・接合圧力:0.3kgf/mm<sup>2</sup>(2.94MPa)
- ・接合雰囲気:Arガス流動雰囲気

の条件としてろう付け接合を行った。

【0045】また、比較のために、前記と同様のTiAl製チタン材(タービンホイール)とSCM435製鋼材(タービン軸)との接合に際して、金属バリアー材を用いることなく、Niろう材(JIS BNi-3)のみを挿入して上記の接合条件により直接接合を行った。

【0046】接合後、接合部の応力除去焼鈍を500℃で30min間行い、評価試験のため接合部の外径を15.8mmに加工し、450℃でねじり試験を行った。

【0047】その結果、上記比較例による継手の場合にはねじり破断トルクが221Jであり、破断部は接合部であったのに対し、実施例2による継手の場合にはねじり破断トルクが309Jであり、破断部はTiAlホイールの母材と接合部の両方であって、優れた接合強度を示した。

【0048】

【発明の効果】本発明による鋼材とチタン材との接合方法では、請求項1に記載しているように、Cを0.05

重量%以上含有する鋼材と、 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相あるいは $\alpha + \beta$ 相を主な構成相とするTiまたはTi合金やTiAl、Ti<sub>3</sub>Al、TiAl<sub>3</sub>等の金属間化合物を主な構成相とするTi合金などのチタン材とを接合するに際し、鋼材とチタン材との間に第1ろう材と第2ろう材を挿入しかつ第1ろう材と第2ろう材との間にバリアー材を介在させた状態にして接合部を加熱し、第1および第2ろう材を熔融してろう付け接合するようにしたから、鋼材とチタン材との接合を1回のみのろう付け工程で行うことが可能であり、接合部の強度を母材の強度よりも高いものとすることが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0049】そして、請求項2に記載しているように、接合部の加熱に際して高周波加熱を用いるようになることによって、鋼材とチタン材との接合部を非接触で加熱することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0050】そしてまた、請求項3に記載しているように、バリアー材としてFe、Ni、Coのうちから選ばれる1種以上を主成分とする金属を用いてその厚さが0.01mm以上であるものとすることによって、加熱接合時に鋼材中のCとチタン材中のTiとが拡散・反応することによって脆い炭化物が形成されるのを防止することが可能であり、接合部の強度を母材の強度以上に高めたものとすることが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0051】さらにまた、請求項4に記載しているように、接合雰囲気真空あるいはArやHeなどの不活性ガス雰囲気として接合するようになることによって、接

合部の酸化等による汚染を防止することが可能であり、接合部の強度を母材の強度以上に高いものとすることが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0052】さらにまた、請求項5に記載しているように、接合に際して接合界面に0.05kgf/mm<sup>2</sup>(0.49MPa)以上の応力を付加するようになることによって、チタン材と第1ろう材とバリアー材と第2ろう材と鋼材との間での接合強度をより一層高いものにする事が可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0053】さらにまた、接合に際しての接合温度を第1ろう材と第2ろう材のうちいずれか一方の高い方の融点以上であって融点+100℃以内とするようになることによって、チタン材と第1ろう材とバリアー材と第2ろう材と鋼材との間での接合強度をより一層優れたものにする事が可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による鋼材とチタン材との接合方法の実施形態を示す説明図である。

【符号の説明】

- 1 鋼材
- 2 チタン材
- 3A 第1ろう材
- 3B 第2ろう材
- 4 バリアー材
- 5 誘導加熱コイル
- 6 支持台

【図1】

